

**REUTILISATION DES EAUX USEES DANS UN SYSTEME D'EPURATION:
MODELISATION PAR LES RESEAUX DE NEURONES ARTIFICIELS**

BOUHARATI S.^{1,2*}; BOUNECHADA M.³; DJIRAR N.³; TEDJAR L.⁴ et ALLEG F.³

1: Département de microbiologie, Faculté SNV, UFAS Sétif, Algérie

2: Laboratoire des systèmes intelligents, Département d'Electronique, UFAS Sétif, Algérie

3. Département de Biologie Animale, Faculté SNV, UFAS Sétif, Algérie

4: Département des Sciences Médicales, Faculté de Médecine, UFAS Sétif, Algérie

** e.mail : sbouharati@yahoo.fr*

Résumé : Les contrôles sanitaires intensifiés nécessitent la disposition d'une méthodologie adaptée de suivi de l'épuration des eaux usées. La désinfection naturelle joue un rôle important dans l'élimination des microorganismes pathogènes. Dans cette étude, nous proposons un système intelligent pour le suivi de la cinétique d'abattement bactérien intégré spatialement et temporellement. La méthode proposée est basée sur les techniques de l'intelligence artificielle notamment l'application des réseaux de neurones artificiels dans l'analyse des données. Les données de départ sont les paramètres qui interviennent dans cette désinfection sont caractérisées par leur incertitude. (La photo inhibition se caractérise par l'intensité et la durée variable, la sédimentation est également fonction du temps et de la profondeur des bassins de décomptage, le broutage dépend aussi de la nature des protozoaires et de leur mode d'action). Le modèle établi permet de prédire le niveau de désinfection en fonction des paramètres d'entrée.

Mots clés : Eau, Pollution, désinfection naturelle, réseaux de neurones artificiels.

Introduction

Ce thème de recherche a pour ambition d'apporter une contribution essentielle à la connaissance scientifique dans le domaine de la désinfection naturelle des eaux usées. Les applications de cette recherche sont essentiellement d'ordre sanitaire et agricole car cela concerne aussi bien les rejets dans le milieu naturel (terres agricoles que la réutilisation pour l'irrigation). Le problème est alors d'optimiser la phase finale d'une filière de traitement du lagunage à microphytes. Le processus naturel de désinfection concerne la photo-inhibition qui est souvent citée comme composante principale de la désinfection elle revêt de multiples facettes. Le moteur de ce processus est le rayonnement solaire. L'atteinte des microorganismes est directe ou indirecte, entraînant des dommages plus ou moins réparables [1] ; [2]. Dans le cas indirect, le peroxyde est un paramètre fondamental puisqu'il joue alors le rôle d'oxydant. La sédimentation concerne directement la chute des microorganismes liés à des particules en suspension par décomptations [3]. Le broutage intervient également dans ce processus par le fait des protozoaires et agit selon deux modes : un mode direct, de prédation des bactéries, et un mode indirect de compétition via l'ingestion d'algues [4] La survie des microorganismes est également conditionnée par le pH, l'émission de toxines algales, etc. Delà, nous constatons que ce phénomène est loin d'être précis. Ce processus est caractérisé par son incertitude et nous nous trouvons alors dans un environnement incertain. Elaborer une gestion intégrée de ces

variables s'avère très difficile si ce n'est impossible [5]. Dans cette étude, nous proposons un nouveau système intelligent pour l'analyse de ces données. La méthode proposée est basée sur les techniques de l'intelligence artificielle notamment les réseaux de neurones artificiels. Les variables d'entrée du système à RNA proposé représentent certains facteurs qui interviennent dans la désinfection. La variable de sortie, représente le degré de pureté des eaux obtenu.

Notions fondamentales

Nous avons jugé utile de donner un aperçu global sur certaines notions fondamentales des réseaux de neurones artificiels. Ces notions permettent de justifier et de démontrer certains principes de base. On ne retiendra que les éléments indispensables à la compréhension du principe de purification par RNA [6].

La biologie a apporté un grand nombre d'informations sur le fonctionnement du cerveau, des neurones... Des mathématiciens ont alors tenté de reproduire le fonctionnement du cerveau en intégrant ces connaissances en biologie dans des programmes informatiques, et en leur donnant la possibilité d'apprendre.

Les réseaux de neurones artificiels trouvent actuellement des applications variées dans le domaine des sciences et technologies [7]. Cependant, les réseaux de neurones artificiels ont la dynamique et la possibilité de lire les données expérimentales de l'environnement réel et sont par conséquent capable de résoudre les systèmes complexes des processus biophysiques.

Les réseaux de neurones sont des systèmes apprenant à réaliser des fonctions de mise en

correspondance entre deux espaces, espace d'entrées et espace de sorties.

1. Application à la purification

En dehors de la recherche fondamentale en intelligence artificielle et de la tentative de modélisation du cerveau, les réseaux de neurones artificiels sont utilisés concrètement dans de nombreux cas différents, dont nous allons voir le cas de notre application.

1.1. Expression du problème :

Mise en correspondance de l'espace des paramètres qui interviennent dans la purification de l'eau (La photo inhibition se exprimée par l'intensité et la durée variable, la sédimentation est également fonction du temps et de la profondeur des bassins de décomptage, le broutage dépend aussi de la nature des protozoaires et de leur mode d'action...) avec celui du degré de purification résultant de ces paramètres.

La figure 1, décrit la topologie avec quatre entrées extensibles, deux couches cachées, et une sortie (3-2-1) dans la terminologie des modèles des réseaux de neurones artificiels. Les entrées sont la durée de photo-inhibition (T_p), la durée de sédimentation (T_s), la profondeur de décomptage (P_d) et le broutage (Br) exprimés en terme symbolique et numérique. W_{ij} et W_{jk} sont des poids, qui représentent la liaison entre les entrées et la sortie du système. Les poids contiennent toutes les informations concernant le réseau. L'objectif est l'apprentissage du réseau pour arriver à la valeur minimale de l'erreur de lecture observée à la sortie [8].

2. Modèle

La base d'exemples est constituée de 100 tests

effectués sur 20 combinaisons des différents facteurs qui interviennent dans le processus de purification présentant toutes les combinaisons possibles. On choisit de conserver 10 tests (50%) tandis que 10 autres tests (50%) sont utilisés pour l'apprentissage. A priori, la relation entre ces deux espaces est complexe (en particulier non linéaire) ce qui justifie l'utilisation d'un réseau multicouche.

3. Apprentissage du réseau de neurones

Il s'agit dans notre cas d'introduire des données différentes à l'entrée en correspondance avec le degré de purification résultant. Pour réaliser cela, la méthode est en quelque sorte une imitation du cerveau: si la réponse est correcte, c'est bien, mais s'il y a une erreur, il faut modifier le réseau afin de ne pas réitérer l'erreur. On recommence plusieurs centaines de fois l'opération, jusqu'à ce que le réseau ait la plus petite valeur d'erreur possible (figure 2).

Note: Afin de modifier le réseau, il suffit d'intervenir sur les poids $[W]$ qui sont sous forme de nombres réels liant les neurones. Comme ces poids interviennent dans la somme effectuée par chaque neurone (la somme est pondérée), il est possible de modifier le réseau en changeant leurs valeurs sans pour autant changer le réseau lui-même. Ceci dit, il n'est pas évident de savoir de combien il faut modifier ces poids. Le but est d'arriver à converger vers une erreur minimale. Dans notre cas, après 142 itérations, l'erreur est de 0,0946 (figure 1) avec un gradient de 0,17 à 1000 itération (Figure 3).

3. Traitement des données par réseau de neurones artificiels:

Les données de départ sont :

- Paramètres d'entrée :

- La photo inhibition (intensité et durée)
- La durée de la sédimentation
- La profondeur des bassins de décomptage.
- Le broutage (Nature des protozoaires et Mode d'action)

- Paramètres de sortie :

- Le degré de purification

- Réseau choisi :

- Réseau multi couche (avec une couche cachée).

- La fonction d'activation :

- De type sigmoïde

- La Correction d'erreurs

- 1000 epocs

Le résultat après training, est présenté sur la figure 4. Le programme proposé permet de prévoir le degré de purification d'eau en fonction des paramètres d'entrée. Les valeurs tests se concordent parfaitement avec les valeurs enregistrées.

Résultats et discussion

En pratique les techniciens de santé publique et les agriculteurs raisonnent leur investissement irrigation en intégrant le potentiel de la qualité des eaux utilisée et établissent implicitement un lien entre cette qualité et les risques des maladies. Le système proposé permet de prévoir le degré de purification nécessaire à l'irrigation selon les normes désirées. Par l'introduction aléatoirement des valeurs de la durée de photo-inhibition, la durée de sédimentation, la profondeur de décomptage ainsi que le broutage mis en action, cela nous

permet de lire instantanément le degré de purification d'eau à prévoir. Le manque de précision qui peut apparaître reste subordonné aux nombres de variables à l'entrée du système.

Conclusion

Le système établi permet d'analyser les facteurs qui interviennent dans la purification de l'eau d'irrigation. Comme les normes sanitaires exigent un certain degré de potabilité nécessaire à l'irrigation afin de préserver les conditions d'hygiène. L'arrivée à ces normes à partir des eaux usées, nécessite un ensemble d'étapes à par lesquelles l'eau doit transiter. Si le programme proposé permet de prévoir le degré de purification d'eau après certaines étapes proposées, il reste extensible et admet l'introduction d'autres variables qui ne sont prises en considération dans cette étude. Une étude plus large englobant tous les paramètres susceptibles d'influencer l'amélioration de la qualité des eaux, sont à introduire et cela pour plus de précision. La conjugaison de ces facteurs avec leur complexité, s'adaptent parfaitement à ce modèle de traitement des données proposé.

Références :

- [1]. Cox D.C., Freeman L.C.G., 1990. «Managing the Development of a New Mine Project». MinE. Vol., pp. 277-283.
- [2]. Demir F., Korkmaz K.A., 2008. Prediction of lower and upper bounds of elastic modulus of high strength concrete. Constr Build Mater; 22 (7):1385-93.
- [3]. Inan G., Goktepe A.B., Ramyar K., Sezer A., 2007. Prediction of sulfate expansion of PC mortar using adaptive neuro-fuzzy

methodology. Build Environ; 42 (7):1264–9.

[4]. Tamboura S. 2006. Dynamique du plankton dans les bassins d'épuration par lagunage, 2iE, BF. 91.

[5]. Bouharati S.; Harzallah D.; Benmahammed K. 2009. Facteurs de rendement du blé tendre : modélisation par les techniques de l'intelligence artificielle. AFPP – 9ème conférence internationale sur les maladies des plantes. Tours. France.

[6]. Bouharati S.; Benmahammed K.; Harzallah D. and El-Assaf Y.M. 2008. Application of artificial neuro-fuzzy logic

inference system for predicting the microbiological pollution in fresh water. Journal of Applied Sciences 8(2): 309-315.

[7]. Brion, G.M., Neelakantan, T.R., Lingireddy, S. (2002). A neural-network-based classification scheme for sorting sources and ages of fecal contamination in water. Water research, 36:3765-3774.

[8]. Chen D.G., Haregreaves N.B., Ware D.M., and Liu Y. (2000). A Fuzzy logic model with genetic algorithm for analyzing fish stock-recruitment relationships. Can J. Fish. Aquat. Sci., 57:1878-1887.

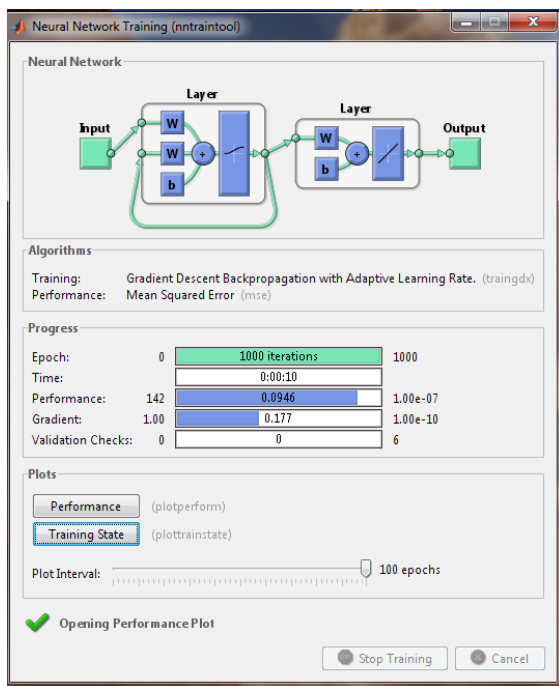


Figure 1: Structure et schéma bloc du système d'erreur lors de l'apprentissage du réseau.

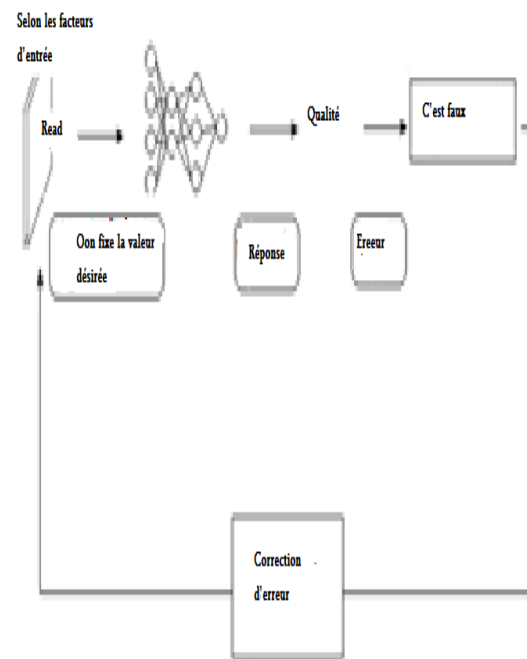


Figure 2 : Schématique du système de correction

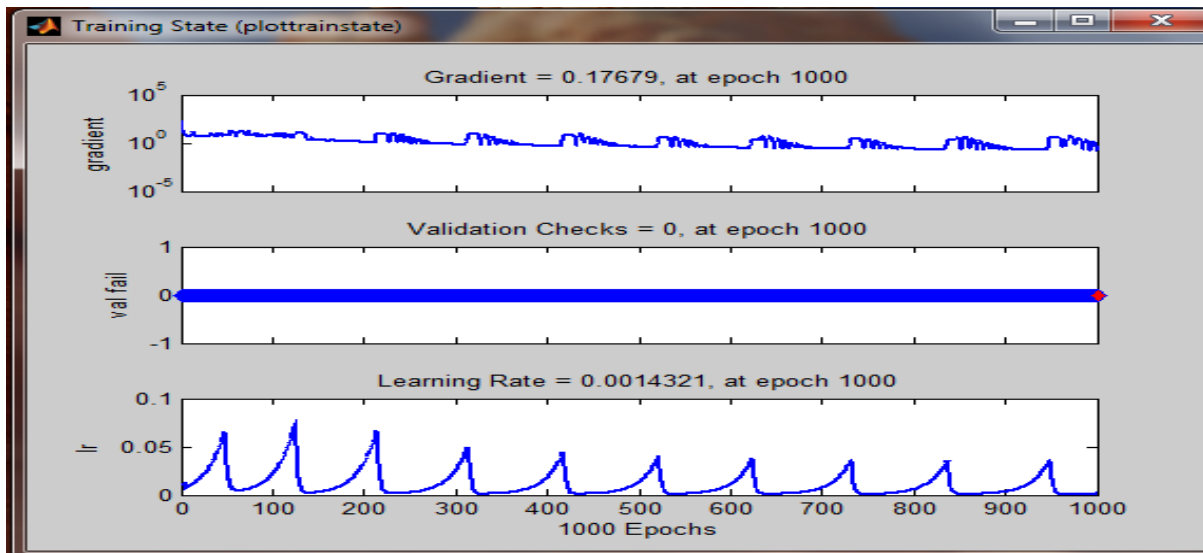


Figure 3 : Fonctions de correction d'erreurs et de training

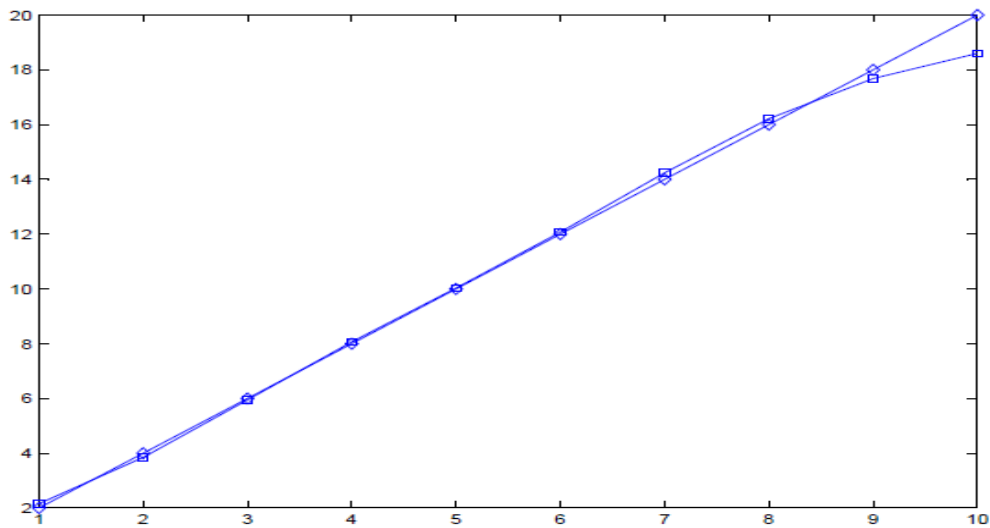


Figure 4 : Exemple d'application entre les valeurs mesurées et les valeurs tests